

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

---



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 06 237.8

**Anmeldetag:** 14. Februar 2003

**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

**IPC:** H 01 M, C 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Februar 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A stylized, handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office. The signature is fluid and extends across the width of the text area.

Dzierzon

DaimlerChrysler AG

Senft/Pudimat

11.02.2003

5

Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems und An-  
ordnungen zur Durchführung des Verfahrens

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems und Anordnungen zur Durchführung des Verfahrens nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 3, 5 und 10.

15

Brennstoffzellen bestehen aus einer Anoden- und einer Kathodenseite, welche jeweils ein Kanalsystem für Fluide aufweisen. Anoden- und Kathodenseite sind durch eine Membran-Elektroden-Einheit (MEA) voneinander getrennt. Zum Erzeugen elektrischer Energie können die Kanalsysteme mit spezifischen Gasen versorgt werden. In einer bevorzugten Ausführungsform einer Brennstoffzelle wird der Anodenraum von Wasserstoff und der Kathodenraum mittels eines Verdichters von Sauerstoff bzw. Luft durchströmt. Wenn der Wasserstoff in einer der Anodenseite der Brennstoffzelle vorgeschalteten Reformereinheit aus einem Kohlenwasserstoff erzeugt wird, dann kann dies mit-

20

25

tels eines Niederdrucksystems oder eines Hochdrucksystems erfolgen. Bei Niederdrucksystemen wird die Anodenseite einer Brennstoffzelle direkt mit dem Reformatgasstrom durchspült.

30

Bei Hochdrucksystemen werden Wasserstoffseparationstechniken, insbesondere Membranmodule, verwendet, bei denen reiner Wasserstoff mittels Separationsmembranen aus einem Gasgemisch abgetrennt wird. Die Separationsmembranen arbeiten umso effektiver, je größer die Druckdifferenz zwischen den beiden

35

Seiten der jeweiligen Membran und je dünner die Dicke der folienartigen Membran ist. Bei hohen Druckdifferenzen und dünnen Folien besteht die Gefahr, dass die Membran reißt, so

dass ein Druckausgleich zwischen dem Hochdruckbereich der Reformereinheit und dem Anodenraum der Brennstoffzelle stattfindet. Da aber die Kathodenseite unabhängig davon auf dem Druckniveau des Verdichters bleibt, stellt sich eine Druckdifferenz über die Membran-Elektroden-Einheit ein. Wenn diese Druckdifferenz einen bauartspezifischen Wert überschreitet, kann die Membran-Elektroden-Einheit beschädigt werden, was zu einem Totalausfall einer Brennstoffzelle führen kann.

10 In der Offenlegungsschrift DE 101 07 019 A1 ist ein Brennstoffzellensystem mit Druckanpassung und ein Steuerungsverfahren beschrieben. Bei dem System ist eine Reformereinheit zur Erzeugung von wasserstoffhaltigem Reformatgas mit mindestens einer Brennstoffzelle verbunden. Der Reformereinheit und  
15 der Brennstoffzelle sind Vorrichtungen zum Einstellen des Betriebsdrucks zugeordnet. Mindestens eine der Vorrichtungen, insbesondere eine Drosselvorrichtung oder ein Expander, zum Einstellen des Betriebsdrucks ist zwischen die Reformereinheit und die Anodenseite der Brennstoffzelle geschaltet. Das  
20 System und das Steuerungsverfahren bewirken eine gezielte Entkopplung der Betriebsdrücke der Reformereinheit und der Brennstoffzelle. Die Vorrichtungen zum Einstellen des Betriebsdruckes gewährleisten die benötigten Druckverhältnisse im Normalbetrieb der Brennstoffzelle.

25 Bei der Brennstoffzelle nach DE 100 10 394 A1 sind im Anodenteil und im Kathodenteil Zu- und Ableitungen für einen Brennstoff und ein Oxidationsmittel vorgesehen. In den Ableitungen sind Druckregler angeordnet, die miteinander gekoppelt sind,  
30 so dass im Normalbetrieb der Brennstoffzelle ein Austausch der Druckwerte zwischen den Druckreglern stattfindet.

Bei dem Brennstoffzellensystem nach DE 100 41 125 A1 sind ein Anodenkreislauf und ein Kathodenkreislauf durch eine Verbindungsleitung verbunden, wobei in der Verbindungsleitung zum  
35 Druckausgleich im Warmlaufbetrieb und im Normalbetrieb eine steuerbare Ventilanordnung angeordnet ist.

In DE 697 04 571 T2 ist ein Verfahren zum Detektieren von Perforationen in einer Membran für eine elektrochemische Zelle beschrieben, bei dem die exotherm erzeugte Wärme detektiert wird, wenn ein Reaktantenfluid von einer Hochdruckseite auf ein Reaktantenfluid auf der Niederdruckseite trifft und beide Reaktantenfluide unter Erzeugung von Wärme reagieren. Die exotherme Reaktion kann durch Katalysatoren beschleunigt werden. Das mit dem Wärmedetektor erzeugte Signal kann dazu verwendet werden, den Havariebetrieb der Zelle zu signalisieren.

In JP 60-007 065 A1 ist ein Brennstoffzellensystem beschrieben, bei dem anodenseitig und kathodenseitig Differenzdruckfühler vorgesehen sind. Wenn anodenseitig oder kathodenseitig Differenzdruckgrenzwerte überschritten werden, dann wird anodenseitig oder kathodenseitig computergesteuert ein Auslassventil geöffnet.

Die bekannten Brennstoffzellensysteme sind hinsichtlich Schnelligkeit und Zuverlässigkeit nicht dazu ausgebildet, die Druckverhältnisse im Havariefall zu beherrschen. Dies trifft insbesondere bei Hochdrucksystemen zu.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems und Anordnungen zur Durchführung des Verfahrens zu entwickeln, die bei Einsatz eines Hochdruck-Gaserzeugungssystems im Falle eines Gasdurchbruches zur Niederdruckseite eine mechanische Beschädigung einer Brennstoffzelle zuverlässig vermeiden.

Die Lösung der Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen nach Patentanspruch 1 erreicht. Die Durchführung des Verfahrens gelingt mit Anordnungen mit den Merkmalen der Ansprüche 3, 5 und 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Bei der erfindungsgemäßen Lösung werden die Druckverhältnisse sowohl in einer Reformereinheit als auch in den angeschlossenen Brennstoffzellen berücksichtigt. Dadurch, dass im Havariebetrieb beim Bersten der Membran der Reformereinheit der Differenzdruck zwischen der der Anodenseite zugewandeten Seite der Membran der Reformereinheit und der Kathodenseite des Brennstoffzellenmoduls unter einen vorgegebenen Wert gehalten wird, können mechanische Beschädigungen der Membran-Elektroden-Einheiten vermieden werden.

10

Bei einer vorteilhaften Anordnung zur Durchführung des Verfahrens wird das Volumen für die Zirkulation von Fluiden auf der Hochdruckseite einer Reformereinheit wesentlich geringer als das Volumen für die Zirkulation von Fluiden auf der Niederdruckseite der Reformereinheit und der Brennstoffzelle dimensioniert. Im Falle eines Durchbruches der Membran der Reformereinheit stellt sich bezüglich Druck, Volumen und Temperatur ein Ausgleichszustand im Gesamtsystem, bestehend aus der Hochdruckseite und der Niederdruckseite einschließlich dem Anodenraum der Brennstoffzellen, ein. Der sich einstellende Mischdruck ist in jedem Fall kleiner als der kritische Überdruck zur Kathodenseite der jeweiligen Brennstoffzelle hin, so dass die Membran-Elektroden-Einheiten zwischen den Anodenseiten und den Kathodenseiten der Brennstoffzellen nicht beschädigt werden. Ein geringes Volumen auf der Hochdruckseite ist vorteilhaft für die Systemdynamik. Ein großes Volumen auf der Niederdruckseite lässt sich vorteilhaft als Wasserpuffer für Lastwechselvorgänge nutzen.

Bei einer weiteren vorteilhaften Anordnung zur Durchführung des Verfahrens ist in der Verbindung zwischen dem Niederdruckbereich des Membranmoduls einer Reformereinheit und der Anodenseite mindestens einer Brennstoffzelle ein Überdruckventil angeordnet. Beim Bersten der Membran der Reformereinheit wird das Überdruckventil rasch geöffnet und der Druck entspannt sich gegen die Atmosphäre. Damit ist eine Beschädigung der Membran-Elektroden-Einheiten der Brennstoffzellen

verhindert. Das Überdruckventil kann von einem Aktor angesteuert werden, dessen Stellsignale in einer Steuereinrichtung mittels Sensoren gebildet werden, die auf der Niederdruckseite der Membran der Reformereinheit den Druck oder die Kohlenmonoxid- oder Kohlendioxidkonzentration erfassen. An Stelle des Überdruckventils kann auch eine Berstscheibe vorgesehen werden. Falls damit zu rechnen ist, dass der Druckausgleich im Havariefall nicht schnell genug erfolgt, kann der Druckausgleich im Anodenraum einer Brennstoffzelle mittels eines Strömungswiderstandes verzögert werden, wobei der Strömungswiderstand dem Anodenraum vorgeschaltet ist.

Bei einer Variante der Anordnung zur Durchführung des Verfahrens kann in der Verbindung zwischen der Niederdruckseite des Membranmoduls einer Reformereinheit und dem Anodenraum einer Brennstoffzelle zusätzlich ein Absperrventil vorhanden ist, welches beim Durchbruch der Membran im Membranmodul verschließbar ist.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert werden. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein Schema eines Brennstoffzellensystems mit einer Reformereinheit,

Fig. 2 ein Schema zum Schutz einer Membran-Elektroden-Einheit mittels einer Berstscheibe,

Fig. 3 ein Schema mit einem aktiven Anodenschutz mittels eines steuerbaren Ventils, und

Fig. 4 ein Schema mit einem aktiven Anodenschutz mittels eines steuerbaren Ventils in Kombination mit einem Strömungswiderstand.

Fig. 1 zeigt ein Schema eines Brennstoffzellensystems mit dem das Verfahren durchgeführt werden kann. Im Kern besteht das Brennstoffzellensystem aus einer Reformereinheit 1 und einer

Brennstoffzelleneinheit 2, die jeweils durch Strich-Zwei-punkt-Linien gekennzeichnet sind.

Die Reformereinheit 1 enthält einen Reformer 3 und ein Membranmodul 4. Der Reformer 3 steht über eine Leitung 5 und ein steuerbares Ventil 6 mit einem Kraftstoffbehälter 7, wie z.B. einem Benzin-, Diesel- oder Methanolbehälter, in Verbindung. Weiterhin ist der Reformer 3 über eine Leitung 8 und ein steuerbares Ventil 9 mit einem Wasserbehälter 10 verbunden. Schließlich ist der Reformer 3 über eine Leitung 11 mit einem Kompressor 12 mit einer Saugleitung 13 verbunden. Der Ausgang des Reformers 3 ist mit dem Membranmodul 4 verbunden. Das Membranmodul 4 enthält eine Membran 14, die das Brennstoffzellensystem in einen Hochdruckbereich 15 und einen Niederdruckbereich 16 trennt, die in Figur 1 aneinander angrenzend mittels Strich-Punkt-Linien schematisch dargestellt sind. An der Hochdruckseite des Membranmoduls 4 ist ein Druckhalteventil 17 angeschlossen.

Die Brennstoffzelleneinheit 2 enthält eine Brennstoffzellenbatterie aus Brennstoffzellenmodulen. In Fig. 1 ist lediglich ein Brennstoffzellenmodul dargestellt, welches aus einer Anodenseite 18 und einer Kathodenseite 19 besteht, die durch eine Membran-Elektroden-Einheit 20 voneinander getrennt sind. Die Anodenseite 18 ist über eine Leitung 21 mit der Niederdruckseite des Membranmoduls 4 verbunden. In die Leitung 21 ist ein Strömungswiderstand 22 eingebaut. Die Kathodenseite 19 steht eingangsseitig mit einem Kompressor 23 mit einer Saugleitung 24 in Verbindung. Die Anodenseite 18 und die Kathodenseite 19 stehen ausgangsseitig mit der Leitung 21 und dem Wasserbehälter 10 in Verbindung. Von der Membran-Elektroden-Einheit 20 führen zwei Stromleitungen 25, 26 zu einem Verbraucher 27.



In die Leitung 21 ist vor dem Strömungswiderstand 22 ein Fühler 28 und parallel dazu ein steuerbares Sicherheitsventil 29 eingebunden. Die Ventile 6, 9, ein Aktor 30 für das Sicherheitsventil 29, die Kompressoren 12, 23 und der Fühler 28 sind mit einer Steuereinrichtung 31 verbunden. Die Pfeile 32 in den gestrichelt dargestellten Leitungen 33, welche zur Steuereinrichtung 31 führen, geben die Signalflussrichtungen wieder.

Im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems sind die Ventile 6, 9 geöffnet, die Kompressoren 12, 23 in Aktion und das Sicherheitsventil 29 geschlossen. Im Reformer 3 wird aus dem kohlenwasserstoffhaltigen Kraftstoff, wie z.B. Benzin, Diesel oder Methanol, des Kraftstoffbehälters 7, dem Wasser des Wasserbehälters 10 und dem Sauerstoff der Luft, welche mit dem Kompressor 12 in den Reformer 3 gedrückt wird, durch Reformierung eine wasserstoffreiche Gasmischung erzeugt. Bei dem Reformer 3 handelt es sich um ein Hochdrucksystem, d. h., der Druck der Gasmischung im Reformer 3 und auf der Hochdruckseite des Membranmoduls 4 ist wesentlich größer als der Druck der sauerstoffhaltigen Luft auf der Kathodenseite 19 der Brennstoffzelleneinheit 2, der mit dem Kompressor 23 aufgebaut wird. Das Druckhalteventil 17 auf der Hochdruckseite des Membranmoduls 4 sichert den konstant hohen Druck. Im Hochdruckbereich 15 stellt sich entsprechend dem allgemeinen Gasgesetz ein Zustand ein, bei dem der Druck proportional einem Quotienten aus dem Volumen des Hochdruckbereiches 15 und der Temperatur ist. Mit dem Membranmodul 4 wird aus der wasserstoffreichen Gasmischung Wasserstoff abgetrennt, der sich auf der Niederdruckseite der Membran 14 ansammelt. In der Brennstoffzelleneinheit 2 findet zwischen dem Wasserstoff auf der Anodenseite 18 und dem Luftsauerstoff auf der Kathodenseite 19 eine elektrochemische Reaktion statt, so dass eine elektromotorische Kraft entsteht, die einen Stromfluss I durch den

Verbraucher 27 bewirkt. Bei der elektrochemischen Reaktion entsteht auf der Kathodenseite 19 Wasser, welches über eine gestrichelt dargestellte Leitung 34 zum Wasserbehälter 10 zurückgeführt werden kann. Ebenso kann auf der Anodenseite  
5 nicht verbrauchter Wasserstoff über eine gestrichelt dargestellte Leitung 35 dem Eingang der Anodenseite 18 zurückgeführt werden. Die Drücke in der Leitung 21 sind beidseitig des Strömungswiderstandes 22 annähernd gleich groß, so dass über dem Strömungswiderstand 22 nahezu kein Druckabfall vorhanden ist. Mit dem Fühler 28 wird laufend der Druck in der  
10 Leitung 21 bzw. im Niederdruckbereich 16 überwacht. Alternativ kann mit dem Fühler 28 der Gehalt an Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid im Niederdruckbereich 16 überwacht werden.

15 Wenn die Membran 14 im Membranmodul 4 bersten würde, dann würde sich ein neues Gleichgewicht der Drücke im Hochdruckbereich 15 und im Niederdruckbereich 16 einstellen. In diesem Havariefall entspannt sich der hohe Druck aus dem Hochdruckbereich 15 in den Niederdruckbereich 16. Ohne die erfindungsgemäßen Maßnahmen würde zwischen der Anodenseite 18 und der  
20 Kathodenseite 19 der Brennstoffzelleneinheit 2 ein Differenzdruck bestehen, der zu einer Beschädigung der Membran-Elektroden-Einheit 20 führen würde.

25 Erfindungsgemäß sind verschiedene Maßnahmen getroffen, die einzeln oder in Kombination eine Zerstörung der Membran-Elektroden-Einheit 20 verhindern.

Als eine erste Maßnahme können die Volumina im Hochdruckbereich 15 und im Niederdruckbereich 16 so dimensioniert werden,  
30 dass sich beim Bersten der Membran 14 ein Mischdruck einstellt, der kleiner als der kritische Überdruck zu Kathodenseite 19 hin ist. Das kann dadurch erreicht werden, dass das Volumen im Hochdruckbereich 15 gegenüber dem Volumen im

Niederdruckbereich 16 möglichst gering gestaltet wird. Wenn das Volumen im Niederdruckbereich 16 sechs bis acht mal größer als im Hochdruckbereich 15 vorgesehen wird, dann ergibt sich beim Bersten der Membran 14 nur ein 1,4-facher bis 1,1-facher Druckanstieg im Gesamtvolumen aus den Volumina des Reformers 3, des Membranmoduls 4, der Anodenseite 18 der Brennstoffzelleneinheit 2 und der zugehörigen, druckmäßig verbundenen Elemente, wie Leitung 21, Fühler 28, Sicherheitsventil 29 und Strömungswiderstand 22. Dieser moderate Druckanstieg stellt keine Gefahr für die Membran-Elektroden-Einheit 20 dar. Die Druckdifferenz zwischen Anodenseite 18 und Kathodenseite 19 der Brennstoffzelleneinheit 2 überschreitet nicht eine kritische Schwelle von typisch 500 mbar.

Als weitere Maßnahme kann das Signal des Fühlers 28 verwendet werden, um den Zustand eines Durchbruches der Membran 14 zu detektieren. Beim Bersten der Membran 14 ergibt sich ein rascher Druckanstieg im Niederdruckbereich 16, was mit einem Fühler 28 festgestellt werden kann, der auf schnelle Druckänderungen anspricht. Beim Bersten der Membran 14 strömt weiterhin das Reformatgas ungehindert in die Anodenseite 18 der Brennstoffzelleneinheit 2. Das Reformatgas enthält aber eine hohe Konzentration an Kohlenmonoxid und Kohlendioxid, was mit einem Fühler 28 feststellbar ist, der den Gehalt von Kohlenmonoxid bzw. Kohlendioxid detektiert. In jedem Fall wird das Signal des Fühlers 28 in der Steuereinrichtung 31 ausgewertet und ein Stellsignal für den Aktor 30 erzeugt. Die Signalverarbeitung in der Steuereinrichtung 31 verläuft mit einer so hohen Geschwindigkeit, dass mit Sicherheit der Überdruck im Niederdruckbereich 16 abgebaut wird. Das Stellsignal am Aktor 30 bewirkt ein rasches Öffnen des Sicherheitsventils 29. Der Druckanstieg kann sich nicht auf die Anodenseite 18 fortsetzen, wodurch die Membran-Elektroden-Einheit 20 geschützt wird.

In Fig. 2 ist eine Variante mit einer Berstscheibe 36 an der Leitung 21 gezeigt. Ansonsten hat das Brennstoffzellensystem den zu Fig. 1 beschriebenen Aufbau. Die Berstscheibe 36 ersetzt  
5 funktionell den Fühler 28 und das Sicherheitsventil 29 aus Fig. 1. Bei unzulässig hohem Druck, wie er beim Bersten der Membran 14 im Niederdruckbereich 16 auftritt, geht die Berstscheibe 36 zu Bruch, so dass der Überdruck zur Atmosphäre hin abgebaut wird. Wie zu Fig. 1 beschrieben, kann sich der  
10 Druckanstieg nicht auf die Anodenseite 18 fortsetzen, wodurch die Membran-Elektroden-Einheit 20 ebenfalls geschützt wird.

Sowohl bei der Lösung nach Anspruch 1 als auch bei der Lösung nach Anspruch 2 dient der Strömungswiderstand 22 dazu, wäh-  
15 rend der Zeit des Druckabbaus keine Beschädigung der Membran-Elektroden-Einheit 20 zuzulassen. Der Strömungswiderstand 22 bewirkt bei einem Durchbruch der Membran 14 eine Verzögerung des Druckausgleiches auf der Anodenseite 18 der Brennstoffzelleneinheit 2. Die Brennstoffzelleneinheit 2 wird bei nied-  
20 rigem Druck betrieben, d. h., der Volumenstrom ist im stationären Normalbetrieb proportional dem Wasserstoffverbrauch auf der Anodenseite 18. Weil der Volumenstrom im Hochdruckbereich 15 neben nicht abgetrennten Wasserstoff alle restlichen Gase enthält, ist er wesentlich größer als im Niederdruckbereich  
25 16. Entsprechend dem allgemeinen Gasgesetz ist der Volumenstrom im Hochdruckbereich bei hohem Betriebsdruck entsprechend gering. Bei einem Durchbruch der Membran 14 entspannt sich der Volumenstrom im Havariefall in die Anodenseite 18 der Brennstoffzelleneinheit 2 und wird damit größer. Der  
30 Strömungswiderstand 22 ist so ausgelegt, dass er im Normalbetrieb einen minimalen Druckverlust erzeugt und im Havariefall einen sehr hohen Druckverlust, um den Gasstrom örtlich und zeitlich über das Sicherheitsventil 29 bzw. die Berstscheibe

36 ableiten zu können und gleichzeitig einen minimalen Druckanstieg in der Anodenseite 18 zu gewährleisten.

Anhand der Fig. 3 soll eine weitere Maßnahme mit einem aktiven Anodenschutz erläutert werden. Das in Fig. 3 gezeigte Brennstoffzellensystem entspricht im wesentlichen dem in Fig. 1 gezeigten System mit der Ausnahme, dass an Stelle des Strömungswiderstands 22 in der Leitung 21 ein steuerbares Ventil 37 mit einem Aktor 38 vorgesehen ist. Ein Durchbruch der Membran 14 wird, wie oben beschrieben, vom Fühler 28 detektiert. Das Signal des Fühlers 28 wird in der Steuereinrichtung 31 verarbeitet. In der Steuereinrichtung 31 werden Stellsignale für die Aktoren 30, 38 generiert. Zunächst bewirkt des Stellsignal am Aktor 38 ein Schließen des Ventils 37, wodurch die Verbindung zwischen der Anodenseite 18 und dem Membranmodul 4 unterbrochen ist und die Membran-Elektroden-Einheit 20 geschützt wird. Gleichzeitig oder danach wird mit dem Stellsignal am Aktor 30 das Sicherheitsventil 29 geöffnet, so dass das Gasgemisch in die Atmosphäre abgeblasen wird. Selbstverständlich können das Sicherheitsventil 29 und das Ventil 37 in einem Dreiwegeventil zusammengefasst sein, so dass der Wasserstoffpfad direkt in die Atmosphäre umgeleitet wird.

Fig. 4 zeigt eine Variante mit einer Kombination aus einer Berstscheibe 36 nach Fig. 2 oder einem Sicherheitsventil 29 nach Fig. 3 mit einer Reihenschaltung eines Strömungswiderstandes 22 und einem steuerbaren Ventil 37 in der Leitung 21. In Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen dem Hochdruckbereich 15 und dem Niederdruckbereich 16 im Falle eines Durchbruches der Membran 14 verhindert der Strömungswiderstand 22 einen raschen Druckanstieg auf der Anodenseite der Brennstoffzelleneinheit 2. Wird der Druck auf der Anodenseite 18 zu hoch, dann wird mittels der Steuereinrichtung 31 das

Ventil 37 geschlossen, so dass ein Überdruck in der Brennstoffzelleneinheit 2 verhindert wird. Steigt der Druck in der Leitung 21 vor dem Strömungswiderstand 22 zu rasch auf einen unzulässig hohen Wert, dann kommt es zum Bersten der Berstscheibe 36 oder zum Abblasen eines Sicherheitsventils 29 an Stelle der Berstscheibe 36. Gemäß dieser Variante besteht ein zweifacher, redundanter Schutz der Brennstoffzelleneinheit 2 vor Überdruck im Niederdruckbereich 16 infolge eines Durchbruchs der Membran 14.

10

Allen Maßnahmen zum Schutz der Membran-Elektroden-Einheit 20 ist gemeinsam, dass bei einem Durchbruch der Membran 14 die Zufuhr von nicht reformiertem Brennstoff, wie Methan, Methanol, Diesel oder Benzin, sowie die Zufuhr von Wasser und Luft unterbrochen wird, indem gesteuert von der Steuereinrichtung 31 bei Bedarf die Ventile 6, 9 geschlossen werden und/oder die Kompressoren 12, 23 außer Betrieb gesetzt werden. Damit wird zuverlässig ein Bersten und eine Kontamination der Membran-Elektroden-Einheit 20 verhindert.

Liste der verwendeten Bezugszeichen

	1	Reformereinheit	33-35	Leitung
5	2	Brennstoffzelleneinheit	36	Berstscheibe
	3	Reformer	37	Ventil
	4	Membranmodul	38	Aktor
	5	Leitung		
	6	Ventil		
10	7	Kraftstoffbehälter		
	8	Leitung		
	9	Ventil		
	10	Wasserbehälter		
	11	Leitung		
15	12	Kompressor		
	13	Saugleitung		
	14	Membran		
	15	Hochdruckbereich		
	16	Niederdruckbereich		
20	17	Druckhalteventil		
	18	Anodenseite		
	19	Kathodenseite		
	20	Membran-Elektroden-Einheit		
	21	Leitung		
25	22	Strömungswiderstand		
	23	Kompressor		
	24	Saugleitung		
	25, 26	Stromleitung		
	27	Verbraucher		
30	28	Fühler		
	29	Sicherheitsventil		
	30	Aktor		
	31	Steuereinrichtung		
	32	Pfeil		

DaimlerChrysler AG

Senft/Pudimat

11.02.2003

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems,  
bei dem in einer Reformereinheit wasserstoffhaltiges Re-  
formatgas erzeugt wird, indem das Reformatgas mit einem  
5 Membranmodul selektiv aus einem Gasgemisch abgetrennt  
wird, wobei im Normalbetrieb des Brennstoffzellensystems  
mit einer Membran das Gasgemisch unter einem höheren  
Druck gehalten wird als das abgetrennte Reformatgas,  
bei dem das Reformatgas der Anodenseite eines aus mindes-  
10 tens einer Brennstoffzelle bestehenden Brennstoffzellen-  
moduls zugeführt wird,  
und bei dem der Kathodenseite des Brennstoffzellenmoduls  
ein Oxidationsmittel zugeführt wird,  
wobei im Normalbetrieb die Fluide auf der Anoden- und Ka-  
15 thodenseite von einer Separationsmembran getrennt und un-  
ter vorgegebenen Drücken gehalten werden,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass im Havariebetrieb beim Bersten der Membran (14) der  
Reformereinheit (1) der Differenzdruck zwischen der der  
20 Anodenseite (18) zugewandten Seite der Membran (14) der  
Reformereinheit (1) und der Kathodenseite (19) des Brenn-  
stoffzellenmoduls (2) unter einen vorgegebenen Wert  
gehalten wird.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Differenzdruck im wesentlichen unter 500 mbar  
gehalten wird.



3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,

bestehend aus einer Reformereinheit zum Erzeugen eines  
5 wasserstoffhaltigen Reformatgases mit einem Membranmodul,  
welches eine Membran enthält, die einen Hochdruckbereich  
von einem Niederdruckbereich trennt,  
bestehend aus einem Brennstoffzellenmodul mit mindestens  
einer Brennstoffzelle, die aus einer Anodenseite und ei-  
10 ner Kathodenseite besteht, welche durch eine Separations-  
membran voneinander getrennt sind,  
wobei die Anodenseite mit dem Niederdruckbereich des  
Membranmoduls und die Kathodenseite mit einer Vorrichtung  
zur Zufuhr eines Oxidationsmittels verbunden ist,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Volumen für die Zirkulation von Fluiden auf der  
Hochdruckseite (15) wesentlich geringer als das Volumen  
für die Zirkulation von Fluiden auf der Niederdruckseite  
(16) ist.

20

4. Anordnung nach Anspruch 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Volumen für die Zirkulation von Fluiden im  
Brennstoffzellenmodul (2) mindestens dem Sechsfachen des  
25 Volumens auf der Hochdruckseite (15) entspricht.

5. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1,

bestehend aus einer Reformereinheit zum Erzeugen eines  
30 wasserstoffhaltigen Reformatgases mit einem Membranmodul  
welches eine Membran enthält, die einen Hochdruckbereich  
von einem Niederdruckbereich trennt,  
bestehend aus einem Brennstoffzellenmodul mit mindestens  
einer Brennstoffzelle, die aus einer Anodenseite und ei-  
35 ner Kathodenseite besteht, welche durch eine Separations-  
membran voneinander getrennt sind,

wobei die Anodenseite mit dem Niederdruckbereich des Membranmoduls und die Kathodenseite mit einer Vorrichtung zur Zufuhr eines Oxidationsmittels verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass in der Verbindung (21) zwischen dem Niederdruckbereich (16) des Membranmoduls (4) und der Anodenseite (18) der mindestens einen Brennstoffzelle (2) ein Überdruckventil (29) angeordnet ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Überdruckventil (29) mittels eines Drucksensors (28) druckgesteuert ist.

7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Überdruckventil (29) mittels eines Sensors (28) gesteuert ist, dessen Signal den Gehalt an Kohlenmonoxid und/oder Kohlendioxid auf der Niederdruckseite der Membran (14) des Membranmoduls (4) wiedergibt.

8. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Verbindung (21) zusätzlich ein Strömungswiderstand (22) vorhanden ist.

9. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das in der Verbindung (21) zusätzlich ein Absperrventil (37) vorhanden ist, welches beim Durchbruch der Membran (14) im Membranmodul (4) verschließbar ist.

10. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bestehend aus einer Reformereinheit zum Erzeugen eines wasserstoffhaltigen Reformatgases mit einem Membranmodul

welches eine Membran enthält, die einen Hochdruckbereich von einem Niederdruckbereich trennt, bestehend aus einem Brennstoffzellenmodul mit mindestens einer Brennstoffzelle, die aus einer Anodenseite und einer Kathodenseite besteht, welche durch eine Separationsmembran voneinander getrennt sind, wobei die Anodenseite mit dem Niederdruckbereich des Membranmoduls und die Kathodenseite mit einer Vorrichtung zur Zufuhr eines Oxidationsmittels verbunden ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass in der Verbindung (21) zwischen dem Niederdruckbereich des Membranmoduls (4) und der Anodenseite (18) der mindestens einen Brennstoffzelle (2) eine Berstscheibe (36) angeordnet ist.

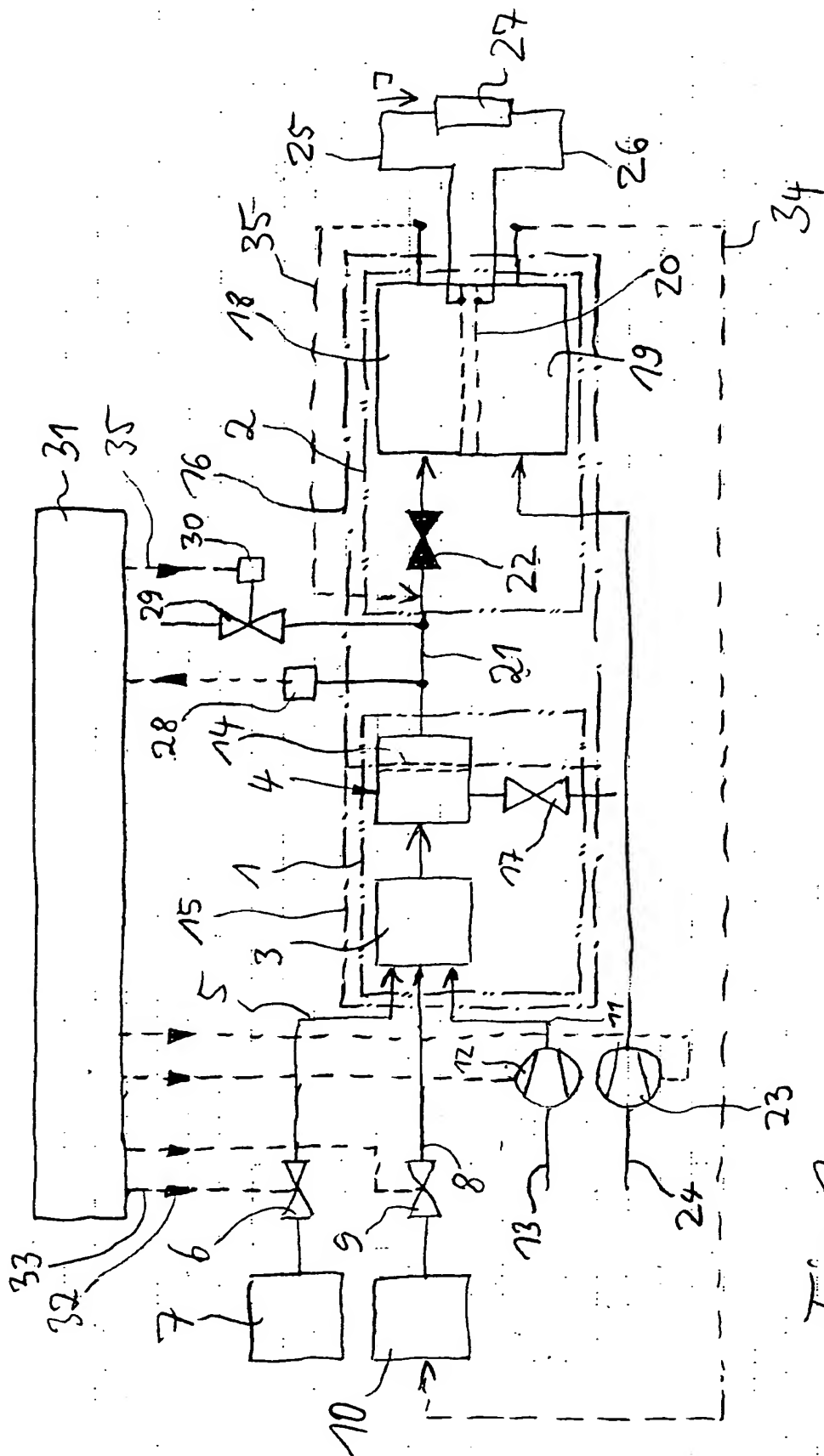


Fig. 1

2 (3)

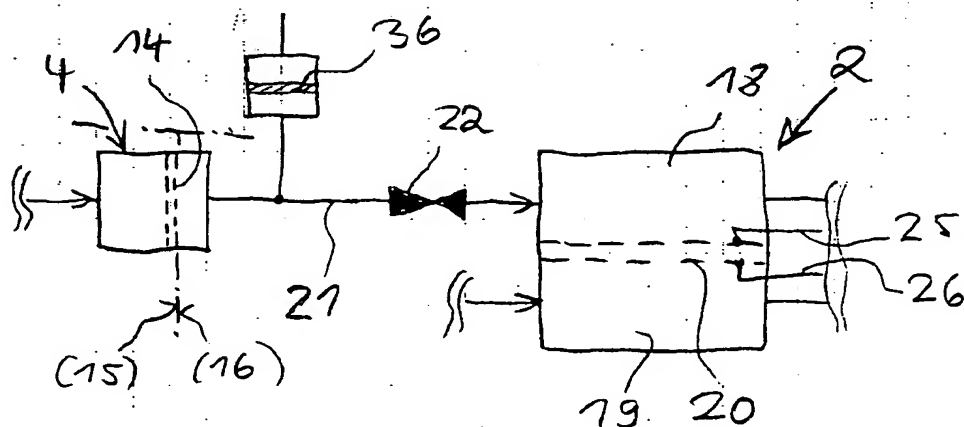


Fig. 2

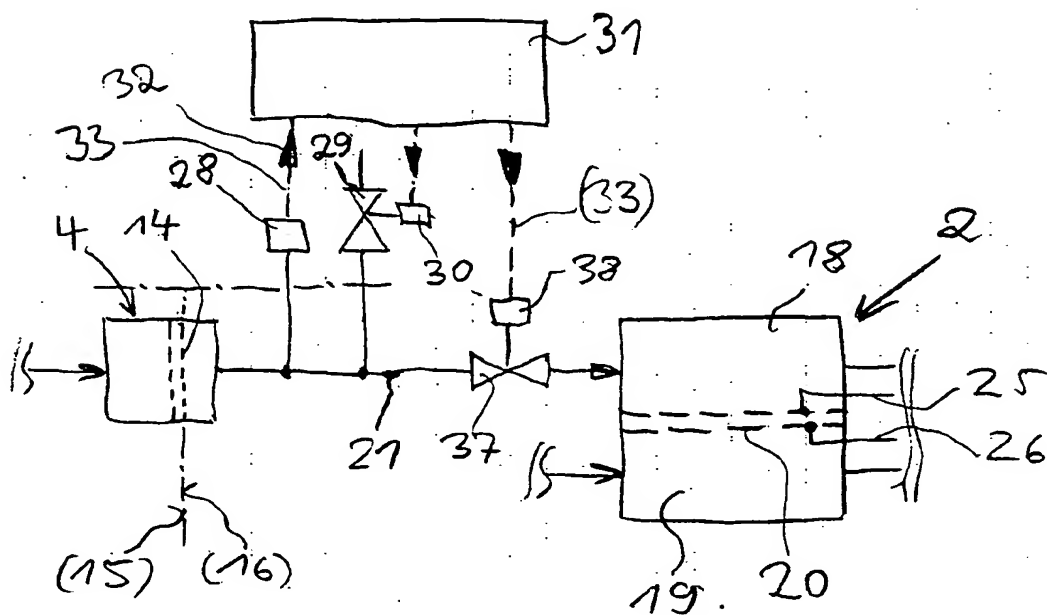


Fig. 3

3(3)

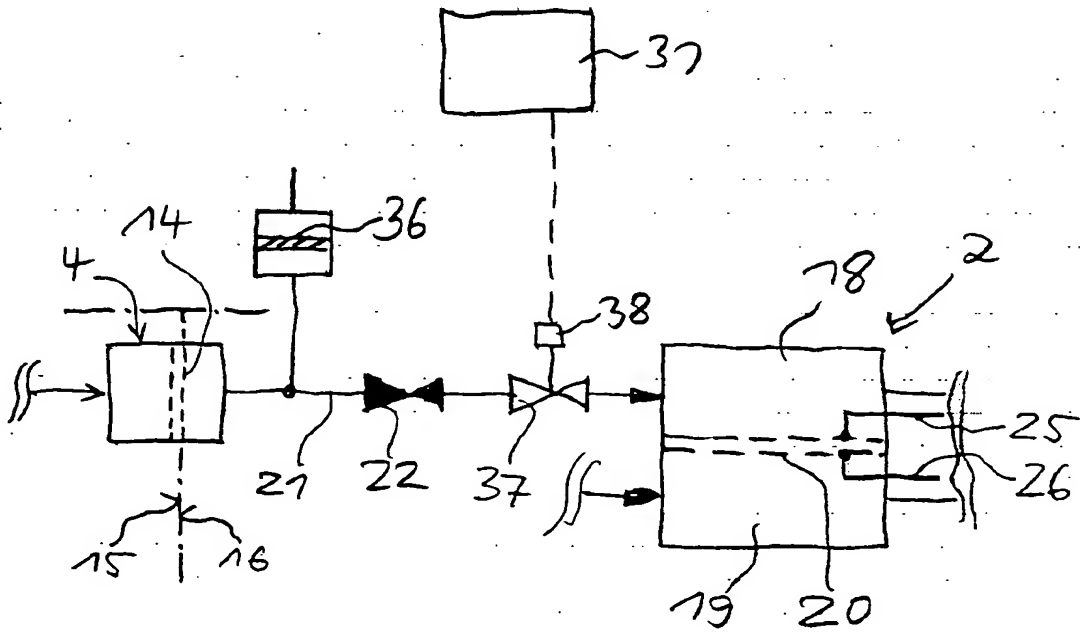


Fig. 4

P 807 987

DaimlerChrysler AG

Senft/Pudimat

11.02.2003

Zusammenfassung

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Brennstoffzellensystems und Anordnungen zur Durchführung des Verfahrens. Aufgabe der Erfindung ist es, Lösungen zu finden, die bei Einsatz eines Hochdruck-Gaserzeugungssystems im Falle eines Gasdurchbruches zur Niederdruckseite eine mechanische  
10 Beschädigung einer Brennstoffzelle zuverlässig vermeiden. Die Erfindung besteht darin, dass im Havariebetrieb beim Bersten einer Membran (14) einer Reformereinheit (1) der Differenzdruck zwischen der der Anodenseite (18) zugewandten Seite der Membran (14) der Reformereinheit (1) und der Kathodenseite  
15 (19) des Brennstoffzellenmoduls (2) unter einen vorgegebenen Wert gehalten wird. Zur Durchführung des Verfahrens sind Anordnungen vorgesehen, die auf der Niederdruckseite vor der Anodenseite (18) einer Brennstoffzelleneinheit (2) ein mit einem Fühler (28) gesteuertes Sicherheitsventil (29), oder eine  
20 Berstscheibe (36) und einen Strömungswiderstand (22) oder ein weiteres steuerbares Ventil (37) enthalten.

-Fig. 1-

